台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 72(1):39–48 (2023)
DOI:10.6156/JTAR.202303_72(1).0004

研究報告

不同乾燥方法對油茶籽油品質與其機能成分之影響

李雅琳[1,*] 劉威廷[2] 洪子桓[2] 林素月[3] 何奕漢[3] 李穎甫[4] 張家華[3] 陳秋樺[3] 張蓓容[3]

李雅琳、劉威廷、洪子桓、林素月、何奕漢、李穎甫、張家華、陳秋樺、張蓓容。2023。不同乾燥方法對油茶籽油品質與其機能成分之影響。台灣農業研究 72(1):39–48。

摘要

本試驗採用台灣原生種短柱山茶 (*Camellia brevistyla*) 小果種油茶籽材料，進行日曬、熱風乾燥、室內風扇強對流 (簡稱風扇法) 等 3 種乾燥方法去除種子水分，之後經過烘焙並以螺旋式壓榨法製油，分別從油脂品質之酸價、過氧化價分析，機能性成分之總酚含量、維生素 E 含量分析，以及生理活性以油脂還原力進行評估，並以油脂氧化安定指數 (Oil stability index; OSI) 作為儲放或烹調過程油脂安定性的科學評估指標。整體分析比較顯示，傳統日曬種子的新鮮油脂品質良好，但是較不耐儲放，熱風法可以有效提升酚類化合物含量，進而提高氧化安定性。風扇法雖然有豐富酚類化合物 (高於日曬種子)，但是儲放過程之油脂品質快速下降，顯示對抗氧化效果不佳，這可能與其維生素 E 含量特別低有關。因此，建議可以熱風法取代傳統日曬法，或將油茶籽先以日曬處理，之後再以熱風乾燥縮短時間，如此可兼顧油脂品質與提升儲放過程之氧化安定性。

關鍵詞：小果油茶籽、油茶籽乾燥條件、油脂品質、機能性成分、油脂氧化安定性。

前言

油茶樹屬於山茶科 (Theaceae) 山茶屬 (*Camellia*) 之常綠灌木或小喬木。油茶樹的種籽，稱為油茶籽 (oil tea seeds)，含油率 30–50%，其榨出油稱為油茶籽油 (oil tea seeds oil)，台灣稱為「苦茶油」，中國大陸稱為「山茶油」或是「茶油」，日本則稱為「椿油」，本文依據英文名稱，統稱為油 (苦) 茶油。台灣油茶樹主要有兩個品種，可以果實大小之外觀區分為大果油茶 (*Camellia oleifera*) 與小果油茶 (*C. brevistyla*，短柱山茶，先前分類學名為細葉山茶 *C. tenuifolia*)。此二品種生長環境略有不同，大果種較耐熱，主要種植分布於台灣中南部及東部山區，小果種較喜冷涼環境，以苗栗山區以北地區為主，並且二者之間植物生理有明顯差異，因為小果種可以做為砧木嫁接大果種，反之則不然。另外，台灣所稱「茶籽油」是指飲料用的茶樹 (*C. sinensis*) 產生的茶籽壓榨油，其含油率較低 (約 20%)，而油脂脂肪酸組成相近於胡麻油、花生油 (Hsieh *et al*. 2013)。

油 (苦) 茶油脂肪酸組成與橄欖油相似，含有高比例油酸 (oleic acid)，約 70–80% (Zhong *et al*. 2007)，因此有東方橄欖油之稱。攝取橄欖油的保健功效已經被科學研究證實，除了油酸可以降低心血管疾病的風險 (Kris-Etherton 1999; Sales-Campos *et al*. 2013)，橄欖油中的多酚化合物 (polyphenols) 也被認為是重要的功效成分 (Cinelli *et al*. 2020; Ajal *et al*. 2021)，並且被證實可以有效提高油脂氧化安定性 (Cicerale *et al*. 2010)。

華人食用油 (苦) 茶油已有 2 千年以上的歷史，16 世紀李時珍 (1518–1593 AD) 著作本草綱目中，闡明其生理功效，包括緩和胃食道

投稿日期：2022 年 9 月 13 日；接受日期：2022 年 11 月 16 日。
* 通訊作者：ylleet@tari.gov.tw
[1] 農委會農業試驗所生物技術組研究員。台灣 台中市。
[2] 農委會農業試驗所生物技術組助理研究員。台灣 台中市。
[3] 農委會農業試驗所生物技術組計畫助理。台灣 台中市。
[4] 農委會農業試驗所生物技術組約僱技術員。台灣 台中市。

逆流、胃潰瘍、氣喘、咳嗽、貧血、便祕等，並可調節血糖、改善血液循環及皮膚健康。2019 年，國產小果種及大果種油 (苦) 茶油，以體外 (*in vitro*) 及體內 (*in vivo*) 動物模式，分別被證明可以保護胃部對抗非固醇類抗發炎藥物 (nonsteroidal anti-inflammatory drugs; NSAIDs) (Wang *et al*. 2019) 以及酒精 (Lee *et al*. 2019) 的傷害。就油 (苦) 茶油的油脂組成分，雖然其脂肪酸組成與橄欖油相近，但是兩者的油脂微量成分有所差異，特別是橄欖油中的功效成分常具有嗆辣味，也因此被認為是頂級橄欖油的特徵，而油 (苦) 茶油也略具嗆辣或是苦味，此與品種、產地、榨油製程都有相關性 (Cicerale *et al*. 2010; Cinelli *et al*. 2020; Ajal *et al*. 2021)，惟這種特殊風味尚未與機能功效相連結。

油茶樹花期集中於清明節前，之後可以觀察授粉情形，八、九月分觀察當年度結果率，大約於霜降節氣之後種子完熟才能採收。油茶籽的含油率、微量機能成分組成，主要受到品種、栽培環境與管理條件，以及成熟度之影響。其中，微量機能成分組成，可能與採後處理與榨油製程有重要相關性。本研究主要探討油茶籽乾燥條件對油脂品質、機能性成分，以及油脂氧化安定性、對細胞活力之影響進行探討，以提供業者參考與運用。

材料與方法

油茶籽乾燥、儲放、榨油處理與分析試驗時間

2019 年底收集霜降 (10 月 24 日) 過後生產於苗栗縣三灣鄉之台灣原生種小果油茶 (短柱山茶，*Camellia brevistyla*) 鮮果，區分三種方法乾燥，均乾燥至含水率不再下降為止。乾燥方法、時間與最終含水率如下：(1) 日曬法 (sun drying)，每日 8 點過後，將果實攤曬在陽光下，量測最高品溫可達 43℃，經過 16 d，含水率降至 5.5%。(2) 熱風法 (hot air)，果實以 55℃熱風乾燥，經過 28 h，含水率降至 4.4%。(3) 風扇法 (air fan)，於室內 27℃環境使用風扇對流，經過 30 h，含水率降至 7.8%。之後，將 3 種乾燥種子統一放置室內陰涼通風處 (約 24℃環境溫度) 儲放。於 2020 年 4 月 22 日再次分析油茶籽水分含量確定並無變化，並於 5 月 25 日進行榨油處理，3 種乾燥種子，統一經過 120℃烘焙，並以螺旋式榨油機 (型號：MK-OP-01，創客工業有限公司，台灣台南市) 設定 120℃條件榨油，獲得之油脂於 4℃靜置 1 wk 後，以離心法分離油粕，取上層清澈油脂，於 4℃放置 0、2、4 個月 (2020 年 6 月、8 月、10 月) 時間，分別測定其酸價 (acid value, AV)、過氧化價 (peroxide value; POV)、總酚含量、還原力。油脂氧化安定性測定時間為 2020 年 8、10、11 月。此外，於 2020 年 10 月、2021 年 12 月分析油脂維生素 E 含量，比較儲放過程的變化，並於 2020 年 10 月 (保存於 4℃ 經過 2 個月之後) 使用小鼠 Raw264.7 細胞株進行細胞活力試驗。

油茶籽含水率測定

依據 CNS 8315, N 4079「油籽-水分及揮發物含量之測定方法」，取苦茶籽脫殼種仁置於坩鍋中，以 105℃烘箱進行含水率測定，每 2 h 取出冷卻後秤重，直至兩次秤重間差異等於或少於 0.005 g 為止，每樣品試驗 3 重複，每試驗取兩顆苦茶籽種仁。公式如下：

含水率 (%) = (苦茶籽種仁鮮重 – 苦茶籽種仁乾重) / 苦茶籽種仁鮮重 × 100

AV 與 POV 分析

AV 分析法，相同於我們先前發表報告 (Hsieh *et al*. 2013)，使用自動滴定儀 (auto-titrator 785 DMP Trino, Metrohm, Herisau, Switzerland)，依據儀器說明操作流程進行。POV 分析法依據 AOCS Official Method 965.33，使用油脂 2.50 g (標準方法用量的一半) 進行分析 (Hsieh *et al*. 2013)。苦茶油的國家品質標準 (CNS 15827) 在 2015 年公告，一級油 AV < 1.5 mg KOH g^{-1} oil、POV < 6.0 meq. peroxide kg^{-1} oil，二級油 AV < 3.0 mg KOH g^{-1} oil、POV < 10 meq. peroxide kg^{-1} oil。

維生素 E 含量

分析方法依據 Huang *et al*. (2017) 使用高

效液相層析儀 (High Performance Liquid Chromatography, HPLC, 2695, Waters, Milford, MA) 進行分析，分離管柱 Inertsil ODS-3 (5 µm, 150 × 4.6 mm I.D., GL Sciences, Tokyo, Japan)，溫度設定40℃，移動相甲醇：乙腈 = 40 : 60 (均購自 Sigma Aldrich, St. Louis, MO, USA)；流速設定 1 mL min^{-1}，使用螢光偵測器 (Waters 2475 multi λ fluorescence detector) (Conquer Scientific, Poway, CA, USA) 分析，激發波長為298 nm，放射波長為 328 nm。樣品製備是將油脂以丙酮溶解後經過 0.45 µm 過濾膜 [polyvinylidene difluoride (PVDF) filter] 過濾。配製 1.25、2.5、5.0、10、20、40、80 mg mL^{-1} 維生素 E 標準品 (α-tocopherol, Sigma Aldrich, St. Louis, MO, USA) 以建立標準曲線 ($r > 0.99$，以內插法分析)。

油脂氧化安定指數 (Oil stability index; OSI)

OSI 分析方法同 Hsieh *et al*. (2013)，使用之儀器為 Rancimat apparatus (873 Biodiesel Rancimat, Metrohm AG, Switzerland)。方法是精確秤取油脂樣品3.00 g，置入油脂試樣管 (透明玻璃管)，置入 110、120 或 130℃恆溫控制槽，通入10-L h^{-1}空氣流以加速油脂樣品氧化，偵測 OSI 數值 (hour; h)。原理是油脂氧化過程歷經三個階段：(1) 起始期 (initiation stage)，出現小量氧化自由基 (free radical，分子帶有不成對的電子)，油脂中的抗氧化物質可以有效消滅這些自由基，維持一段安定時間、(2) 增殖期 (propagation stage)，此階段自由基的產生量太多，已經超過抗氧化物質可以消滅的數量，此時自由基不斷撞擊油脂分子，使新生自由基大量增生、(3) 終止期 (termination stage)，大量自由基彼此碰撞形成電子對 (ion pair) 遂使反應逐漸平息 (Nawar 1996)。此儀器提供高溫環境並持續注入空氣，加速消耗油脂樣品中的抗氧化物質，分析過程是將油脂樣品上方的氣體導入水 (60 mL) 中，偵測全程水體的導電度變化，當油脂氧化進入增殖期時，揮發性氧化氣體例如醛類、酮類等大量產生，導致水體的導電度急遽上升，導電度變化的轉折點即是油脂氧化安定指數，單位是小時 (h)，當數值越高時，代表油脂越能耐受高溫與氧化環境，其安定性越高 (Lampert 1999)。

總酚含量

檢測方法依據 Singleton & Rossi (1965) 方法加以修改，本試驗方法如 Hsieh *et al*. (2013)。標準曲線是以沒食子酸 (gallic acid, Sigma Aldrich, St. Louis, MO, USA) 作為定量標準品，使用蒸餾水 (ddH_2O) 製備序列濃度 (0、0.2、0.4、0.6、0.8、1 mg mL^{-1} Gallic acid) 所建立 ($r > 0.99$)，樣品以內插法分析，並以 equi. GA mg mL^{-1} oil 表示總酚含量。

還原力

分析方法依據 Oyaizu (1986) 發表的研究報告，如同我們先前的研究報告 (Hsieh *et al*. 2013)。標準曲線是使用標準品 trolox (Sigma Aldrich, St. Louis, MO, USA) 配製於甲醇中 0、0.2、0.4、0.6、0.8 mM ($r > 0.99$) 所建立，樣品以內插法分析，並以 equi. mM Trolox 表示還原力。

細胞試驗-細胞活力分析

細胞活力分析 (cell viability assay) 是以特定條件處理細胞群體，與空白對照組比較健康活細胞所占比例的差異，以瞭解不同處理對細胞生理的影響。原理是測定細胞代謝酵素活性變化，與空白對照組相同，表示處理無影響，若使活細胞數增加，表示處理有激活效果，反之則有毒害效果。本試驗依據 Garrido *et al*. (2004) 使用 BALB/c 小鼠 Raw264.7 細胞株，此為小鼠單核巨噬細胞白血病細胞，經過 Abelson 鼠白血病病毒誘導後，產生腫瘤組織分離得到的細胞株，由財團法人食品工業發展研究所生物資源保存及研究中心 (Bioresource Collection and Research Center, BCRC) 取得。使用溶劑二甲基亞碸 (dimethyl sulfoxide, DMSO, Sigma, Germany)，DMEM 培養基 (Dulbecco’s Modified Eagle’s Medium, Hyclone, Marlborough, MA, USA) 與胎牛血清 (Fetal Bovine Serum, FBS, Hyclone, Marlborough, MA, USA)、磷酸鹽緩衝液 (Gibco, Waltham, MA, USA)，Cell Counting Kit-8

(CCK-8, Dojindo, Kumamoto, Japan)，GlutaMAX (Gibco, Waltham, MA, USA)。處理細胞之油脂萃取物，萃取方法是以 100% 酒精 1 mL 與 0.4 mL 油脂充分混合後，以 16,200 × *g* 離心 20 min，取其上清液 (此為油脂中可溶於酒精的物質) 定義為 29% 萃取液，再以酒精稀釋成為 500、1,000、2,000 μL L^{-1} 濃度。細胞培養使用 DMEM 培養基含有 10% 胎牛血清、1% GlutaMAX 濃度於 37℃、5% CO_2 的培養箱中培養，每隔 2–3 d 更換一次培養基，以保持適當的環境和營養條件。當細胞增殖覆蓋達到 70–80%，進行細胞繼代培養。細胞活力測定，是將細胞培養至 3 × 10^4 mL^{-1}，接種在 96 孔盤上培養 48 h 之後，將細胞液吸除，更換培養基內含為不同乾燥條件油 (苦) 茶油萃取物，繼續培養 24 h 後，將 10% 的 CCK-8 添加到每個孔中，並在 37℃黑暗條件下再靜置 15–30 min，之後分析 450 nm 測量吸光值。使用以下方程式計算細胞活力，式中，A_0 為空白對照組的吸光度值，A_1 為試驗組的吸光度值。如前述，此油脂為保存於 4℃經過 16 個月儲放之材料。

$$\text{細胞存活率 (Cell viability) \%} = A_1/A_0 \times 100\%$$

結果

壓榨油產率

不同乾燥方法的油茶籽榨油率 (express ratio)，是以榨出油重量除以原料重量計算百分比率，產率 (yield) 則是除以使用重量的乾重 (減去水分重量)，結果列於表 1，顯示產率差異不大，約 34–35% 之間。

油脂品質-AV 與 POV

AV 是指 1 公克 (g) 油脂使用氫氧化鉀 (KOH) 之毫克 (mg) 數滴定達到中和點。高 AV 代表油脂中游離的脂肪酸含量高、油脂品質差，油 (苦) 茶油國家一級油標準 < 1.5 mg KOH g^{-1} oil，二級油 < 3.0 mg KOH g^{-1} oil。POV 是分析 1 kg 油脂中含有的毫當量過氧化物 (meq. peroxide)。POV 高代表油脂氧化程度高、品質差，油 (苦) 茶油國家一級油標準 < 6，二級油 < 10。圖 1 為 3 種不同乾燥方法的油茶籽壓榨油分析 AV 的結果，分析時間分別為榨油後放置 4℃冰箱 0、2 及 4 個月後，圖 2 為分析 POV 的結果。比較未經儲放的新鮮壓榨油，日曬籽的油脂品質最佳 (AV 0.3 ± 0.0 mg KOH g^{-1} oil、POV 0.9 ± 0.0 meq. peroxide kg^{-1} oil)，其次是熱風乾燥 (AV 0.5 ± 0.0 mg KOH g^{-1} oil、POV 1.6 ± 0.1 meq. peroxide kg^{-1} oil)，均優於國家一級油標準，風扇法則較差 (AV 0.5 ± 0.0 mg KOH g^{-1} oil、POV 6.0 ± 0.1 meq. peroxide kg^{-1} oil)，剛好達到國家一級油標準。經過 2 個月 4℃冰箱儲放後，熱風乾燥 (AV 0.6 ± 0.0 mg KOH g^{-1} oil、POV 1.9 ± 0.1 meq. peroxide kg^{-1} oil) 的油脂品質最佳，其次是日曬籽 (AV 0.5 ± 0.0 mg KOH g^{-1} oil、POV 3.3 ± 0.1 meq. peroxide kg^{-1} oil)，均仍達到國家一級油標準，風扇法最差 (AV 0.5 mg KOH g^{-1} oil、POV 13.7 ± 0.7 meq. peroxide kg^{-1} oil)，POV 已經低於國家二級油標準，不建議食用。經過 4 個月 4℃冰箱儲放後，熱風乾燥 (AV 0.9 ± 0.0 mg KOH g^{-1} oil、POV 2.1 ± 0.1 meq. peroxide kg^{-1} oil) 的油脂品質最佳，仍達到國家一級油標準，其次是日曬籽 (AV 1.0 ± 0.0 mg KOH g^{-1} oil、POV 8.7 ±

表 1. 不同乾燥方法生產油茶籽之含水率及其榨油率與產率。

Table 1. Water contents[z] of camellia oil seeds with different drying methods and their express ratios and yields.

Drying method	Drying time	Seeds water content (wt.%)[y]	Express ratio (wt.%)	Yield (Dry base, wt.%)
Sun drying	16 d	5.5	32.5	34.4
Hot air	28 h	4.4	33.6	35.2
Air fan	30 h	7.8	32.1	34.8

[z] The water contents were determined on 22 April 2020 (one month before the oil seeds pressing).

[y] wt.: weight.

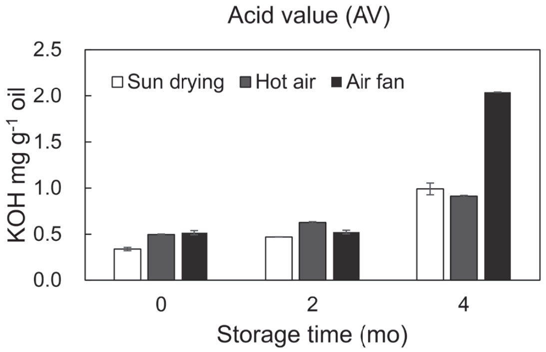

圖 1. 不同油茶籽乾燥條件之壓榨油酸價分析。

Fig. 1. Acid values (AV) of the camellia oils expressed from different drying methods, analyzed after stored at 4℃ for a period time of 0-, 2- and 4-mo (in June, August, and October of 2020), respectively. The analyses were conducted with duplication and the standard deviations shown as error bars.

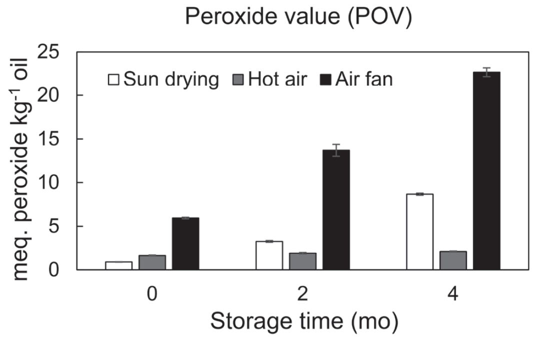

圖 2. 不同油茶籽乾燥條件之壓榨油過氧化價分析。

Fig. 2. Peroxide values (POV) of the camellia oils expressed from different drying methods, analyzed after stored at 4℃ for a period time of 0-, 2- and 4-mo (in June, August, and October of 2020) , respectively. The analyses were conducted with duplication and the standard deviations shown as error bars.

0.1 meq. peroxide kg^{-1} oil)，屬於國家二級油標準，風扇法最差 (AV 2.0 ± 0.1 mg KOH g^{-1} oil、POV 22.7 ± 0.5 meq. peroxide kg^{-1} oil)，POV已經遠低於國家二級油標準，不建議食用。

油脂總酚含量與還原力

天然植物油脂中的酚類化合物，雖屬微量成分，卻能有效提供抗氧化活性 (Singleton *et al*. 1999)。三種不同乾燥方法的新鮮壓榨油中，總酚含量分析結果列於圖 3，其高低依序為熱風法 (0.092 ± 0.003 equi. GA mg mL^{-1} oil)、風扇法 (0.069 ± 0.008 equi. GA mg mL^{-1} oil)、日曬法 (0.034 ± 0.004 equi. GA mg mL^{-1} oil)，隨著儲放於 4℃的時間增加而下降，原先含量高者，下降程度也高，但是 4 個月後的含量高低排序不變，依序為熱風法 (0.053 ± 0.001 equi. GA mg mL^{-1} oil)、風扇法 (0.050 ± 0.001 equi. GA mg mL^{-1} oil)、日曬法 (0.028 ± 0.001 equi. GA mg mL^{-1} oil)。

油脂還原力分析結果列於圖 4，新鮮壓榨油依高低順序排列為熱風法 (1.38 ± 0.03 equi. mM Trolox)，其次，風扇法 (0.54 ± 0.02 equi. mM Trolox) 與日曬法 (0.47 ± 0.03 equi. mM Trolox) 相近，經過 2 個月儲放於 4℃冰箱後，熱風法 (0.54 ± 0.01 equi. mM Trolox) 降至與新鮮陰乾、日曬壓榨油相近，陰乾和日曬已經下降至 0.2 equi. mM Trolox 以下。儲放 4℃冰箱 4 個月後，熱風法下降至新鮮油脂的 1/6 (0.21 ± 0.01 equi. mM Trolox)，風扇法與日曬法分別下降至新鮮油脂的 1/5 與 1/4，達到相近的數值 ~0.11 equi. mM Trolox。

OSI

以 Rancimat 方法分析測得 OSI，是目前生質柴油產品品質法定檢測標準之一，雖然尚未成為食用油脂的品質標準，但是可以提供油脂貯放耐受性的重要參考。本試驗採用 110、120、130℃高溫促使油脂加速氧化，並測定其

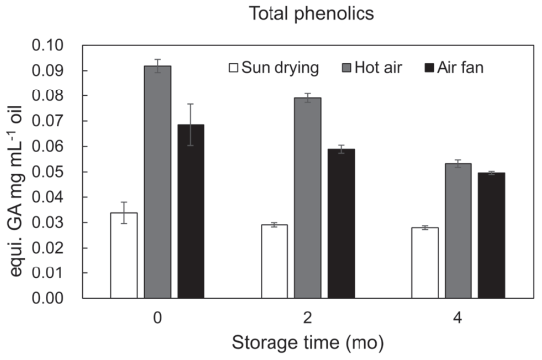

圖 3. 不同油茶籽乾燥條件之壓榨油總酚含量分析。

Fig. 3. Total phenols of the camellia oils expressed from different drying methods, analyzed after stored at 4℃ for a period time of 0-, 2- and 4-mo (in June, August, and October of 2020), respectively. The analyses were conducted with triplication and the standard deviations shown as error bars.

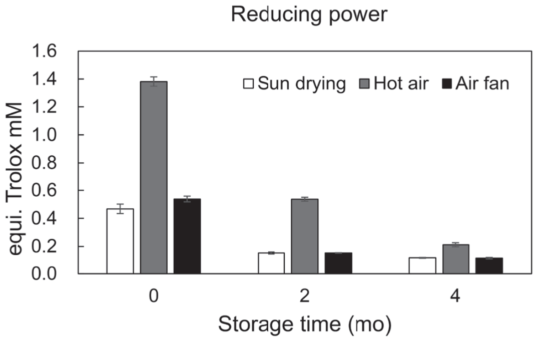

圖 4. 不同油茶籽乾燥條件之壓榨油還原力分析。

Fig. 4. Reducing powers of the camellia oils expressed from different drying methods, analyzed after stored at 4℃ for a period time of 0-, 2- and 4-mo (in June, August, and October of 2020), respectively. The analyses were conducted with triplication and the standard deviations shown as error bars.

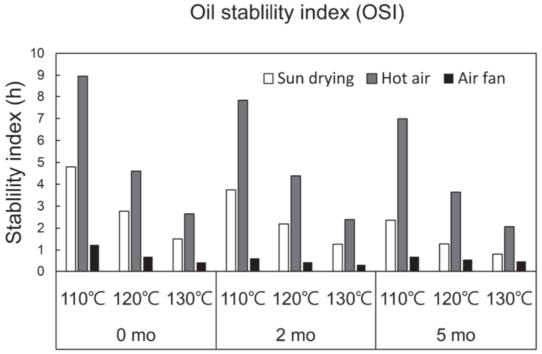

圖 5. 不同油茶籽乾燥條件之壓榨油油脂氧化安定指數分析。

Fig. 5. Oil stability indexes (h) of the camellia oils expressed from different drying methods, analyzed after stored at 4℃ for a period time of 0-, 2- and 5-mo (in June, August, and November of 2020), respectively.

安定期 OSI (h)，分析結果列於圖 5，新鮮油脂 (A)、放置 4℃冰箱 2 個月 (B) 與 5 個月 (C)，新鮮油脂由高至低依序排列為熱風法 (9.0 h、4.6 h、2.7 h)、日曬法 (4.8 h、2.8 h、1.5 h)、風扇法 (1.2 h、0.7 h、0.4 h)；油脂氧化反應依循 Q10 原理，每升高 10℃化學反應加速 2 倍。放置 4℃冰箱 2 個月後，OSI 數值均降低，熱風法之 110℃條件為 7.8 h，120℃為 4.4 h，130℃為 2.4 h；日曬法之 110℃條件為 3.7 h，120℃為 2.2 h，130℃為 1.3 h；風扇法之 110℃條件為 0.6 h，120℃為 0.5 h，130℃為 0.3 h。放置 4℃冰箱 5 個月後，熱風法 OSI 數值降幅較小，110℃下為 7.0 h，120℃為 3.6 h，130℃為 2.1 h；日曬法與風扇法則大幅下降，110℃條件分別為 2.4 h、0.7 h，120℃為 1.3 h、0.6 h，130℃為 0.8 h、0.5 h。此結果顯示熱風法對抗油脂氧化的化學耐受性最高，日曬法居次，風扇法最差。

維生素 E 含量

植物油脂中含有豐富天然抗氧化劑維生素 E，分析結果呈現於圖 6，本試驗分析的壓榨油脂，是儲放於 4℃冰箱中 2 個月後 (2020 年 8 月)，以及 18 個月之後 (2021 年 12 月) 的材料，分析結果顯示油 (苦) 茶油的主要維生素 E 成分是以 α-tocopherol 為主，此結構亦為人

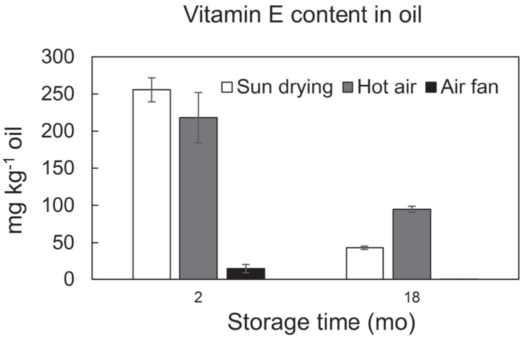

圖 6. 不同油茶籽乾燥條件之壓榨油維生素 E 含量分析。

Fig. 6. Vitamin E (α-tocopherol) contents of the camellia oils expressed from different drying methods, analyzed after stored at 4℃ for a period time of 2- and 18-mo (in October 2020 and December 2021), respectively. The analyses were conducted with duplication and the standard deviations shown as error bars.

體必需的維生素 E，其他結構成分含量甚低，並且非必需，因此本報告呈現 α-tocopherol 的含量。在 3 種油茶籽乾燥方法中，日曬法的 α-tocopherol 含量最高，儲放 2 個月的油脂含有 256 ± 16 mg kg^{-1}，其次是熱風法 218 ± 34 mg kg^{-1}，風扇法僅有 14 ± 6 mg kg^{-1}。儲放冰箱 18 個月之後，熱風法含量最高，仍有 95 ± 4 mg kg^{-1}，日曬法降至 43 ± 2 mg kg^{-1}，風扇法則無法測得。意即，在 18 個月的儲放過程

中，熱風法的 α-tocopherol 下降速度最慢；其次是日曬法，α-tocopherol 含量約為熱風法的一半；而原本含量最低的風扇法為零。

細胞活力試驗

動物細胞活力試驗常用於試驗特定物質是否有毒性或是研究生理機制，此試驗使用的油脂材料是放置於 4℃儲放 2 個月時分析，結果顯示於圖 7，油 (苦) 茶油的酒精萃取物，包含日曬法、熱風法、風扇法處理的種子壓榨油，均對此動物細胞無毒性反應。

討論

油 (苦) 茶油傳統製程是使用日曬法乾燥油茶籽，隨著科技進步，已發明各種種子脫水乾燥的加工方式。過去咸認乾燥的目的是要去除種子大部分的水分以提高榨油率，對於乾燥過程中種子產生的物理化學變化瞭解不多，且缺乏系統性的研究，因此對於不同乾燥過程生產的油茶籽壓榨油，少有品質、成分含量的相關分析，難以評估乾燥方法的優劣。對農民而言，傳統日曬法依賴陽光強度，且每日取出日曬、收油茶籽十分費時費工，但因不需要設備費用，所以仍是民間主要的使用方法，但若中途遇到連續陰雨天，油茶籽放在室內有遇潮發

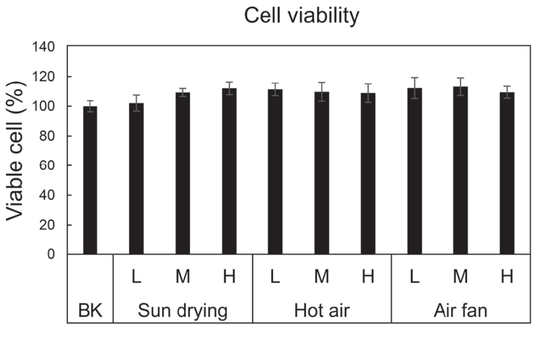

圖 7. 不同油茶籽乾燥條件之壓榨油細胞活力試驗。

Fig. 7. Cell viability of the camellia oils expressed from different drying methods, analyzed in October 2020. L, M, H represents 500, 1,000, 2,000 μL L^{-1} of the ethanol extract, respectively, from the oil stored at 4℃ for 2 yr and 4 mo. The analyses were conducted with triplication and the standard deviations shown as error bars.

霉的風險，此時需使用風扇增加空氣對流加以改善。因此，久而久之也出現直接將油茶籽放在室內，以增加空氣強對流的方法乾燥，不再經過日曬。

本研究使用同一批原料，區分日曬法、熱風法及風扇法乾燥油茶籽，並分析評估含水率無法進一步下降時作為乾燥終點。據此分析顯示，熱風法 (55℃) 加熱效率最好，28 h 可以將含水率降至 4.4%，傳統日曬法雖然也可以降低含水率至 5.5%，但是耗時 16 d，風扇法 (室內風扇對流去除水氣) 僅能將含水率下降至 7.8%，耗時則是 30 h。坊間榨油廠使用的油籽原料含水率介於 6–10%，一般認為 7–8% 最理想，因為過低的含水率會造成產油率降低，本試驗由乾基計算的產率觀察 (表 1)，顯示這三種乾燥方法的壓榨油產量無明顯差異。榨油統一放置於 4℃冰箱保存，分析鮮榨、保存 2、4 個月後的油脂品質 (AV、POV)，以及機能性成分-酚類化合物總含量，代表生理活性的還原力 (抗氧化能力)，OSI 則於鮮榨、保存 2、5 個月時分析，並於儲放 2 個月與 18 個月 (儲放 1 年半時間) 後分析維生素 E 含量，並輔以分析對細胞活力之影響，以下綜合探討不同乾燥法對油脂品質與機能性成分的影響。

鮮榨油品質以日曬法最佳，熱風法耐儲放，風扇法快速劣化

整體顯示，鮮榨油的品質以日曬法最好，並且維生素 E (α-tocopherol) 含量最高，但是經過 4 個月儲放之後，AV 與 POV 快速上升，數值已經超過熱風法，熱風法在 4 個月儲放後仍維持國家一級油標準，日曬法降為二級油，風扇法則在儲放 2 個月後品質低於國家二級油標準，到達 4 個月後過氧化價超過 20 就不建議食用了。

油脂氧化安定性以熱風法最佳，日曬法居次，風扇法不耐高溫

油脂氧化安定性主要觀察 OSI，熱風法的安定性大約是日曬法的 2 倍、風扇法的 10 倍，若以油 (苦) 茶油運用於家庭料理方式評估，熱風法的油脂可以用於煎炒煮炸，風扇法則不

建議熱料理，僅能用於涼拌方式，以避免油脂遭遇高溫快速劣變。

機能性成分與生理活性以熱風法最佳

熱風法鮮榨油的總酚含量是風扇法的 1.3 倍、日曬法的 3 倍，還原力則是風扇法與日曬法的 2–3 倍。值得注意的是，風扇法的總酚含量大約是日曬法的兩倍，但是維生素 E (α-tocopherol) 含量，日曬法最高，是風扇法的 18 倍，而熱風法則是風扇法的 15 倍。特別在經過 18 個月儲放之後，熱風法的 α-tocopherol 含量成為最高，為日曬法的 2 倍。維生素 E 是油脂中主要抗氧化物質，在儲放 1 年半後，熱風法超過日曬法含量，說明熱風乾燥過程中的 28 h，種子有效產生 α-tocopherol 與其他抗氧化物質，可由油脂中有較高量的酚類化合物 (圖 3) 與還原力 (圖 4) 得到佐證。Bao *et al*. (2020) 發表阿拉伯芥與玉米生長過程中，遇到強光或高溫逆境時，均會增加維生素 E 的產生與蓄積，而油茶籽的傳統乾燥方式是日曬，推測種仁在此期間同時遭遇強光與高溫逆境因而大量增加維生素 E 的產生；熱風法則是短時間內遭遇高溫，也同樣產生高量維生素 E，另外此法亦產生 2 倍於日曬法的酚類化合物。因此，結合這兩類成分對油脂氧化安定性產生重要貢獻，可以增加油脂安定的時間、延長維持國家一級油的品質標準。此外，由細胞試驗分析 3 種乾燥法的油脂，經過 4℃儲放 2 個月時間時，其酒精萃取物處理細胞，均無產生毒害影響，顯示此 3 種乾燥方法處裡的壓榨油 (苦) 茶油對細胞之影響相近、無大差異。

一篇中國研究油茶籽乾燥條件對油 (苦) 茶油之品質影響報告，採用廣西壯族自治區森林研究所 (Guangxi Zhuang Autonomous Region Forest Research Institute, Wu *et al*. 2021) 的油茶籽進行試驗，其中包含日曬法與風扇法，日曬種子油產率為 33.15 ± 1.23%，陰乾種子油 34.29 ± 0.86%，與本研究結果 (表 1) 相近，另外，分析維生素 E (α-tocopherol) 含量，日曬種子油為 209 mg kg^{-1}，陰乾種子油為 156 mg kg^{-1}，前者與本研究的熱風法相近，後者則遠高於本研究分析的風扇法，由於文獻並沒有詳述乾燥細節，故難以深入探討產生此差異之原因。此外，該報告同時分析鯊烯 (squalene) 及植物固醇 (phytosterols) 含量，日曬種子油相較於陰乾種子油分別高出 1.25 及 1.5 倍，顯示日曬法在油脂機能性成分的含量上優於風扇法。

結論

油茶籽的乾燥條件差異確實會影響榨出油的品質，以及儲放期間的品質變化。整體分析比較顯示，傳統日曬種子油品質良好，但是較不耐儲放，熱風法可以有效提升酚類化合物含量，進而提高氧化安定性。然而，風扇法雖然也有豐富酚類化合物 (高於日曬種子)，但是對抗氧化 (還原力) 的貢獻小，並且儲放過程油脂品質快速下降，這可能與維生素 E 含量特別低有關 (對抗油脂氧化的關鍵成分)。因此，建議熱風法可以取代傳統日曬法，或者，若油茶籽採收後遇到晴朗天氣，可以先以日曬處理數日，之後以熱風乾燥縮短時間，如此將可兼顧油脂品質與儲放過程之氧化安定性，達到較理想的產品生產方式。

誌謝

本研究是由行政院農業委員會科技計畫 (109 農科-22.1.2-農-C2、110 農科-14.1.2-農-C2) 支持下完成。

引用文獻

Ajal, E. A., S. Chaji, S. Moussafir, R. Nejjari, A. Soulaymani, and A. Bajoub. 2021. Virgin olive oil phenolic compounds: Insights on their occurrence, health-promoting properties and bioavailability. *in*: Olive Oil-New Perspectives and Applications. (Akram, M., ed.) IntechOpen. London, UK. doi:10.5772/intechopen.98581

Bao, Y., M. Magallenes-Lundback, N. Deason, and D. DellaPenna. 2020. High throughput profiling of tocochromanols in leaves and seeds of Arabidopsis and Maize. Plant Methods 16:126. doi:10.1186/s13007-020-00671-9

Cicerale, S., L. Lucas, and R. Keast. 2010. Biological activities of phenolic compounds present in virgin olive oil. Int. J. Mol. Sci. 11:458–479. doi:10.3390/ijms11020458

Cinelli, G., M. Cofelice, and F. Venditti. 2020. Veiled extra virgin olive oils: Role of emulsion, water and antioxidants. Colloids Interfaces 4:38. doi:10.3390/colloids4030038

Edible camellia seed oil-national quality standard (CNS15827), date of announcement June 10, 2015, date of confirmation November 12, 2020.

Garrido G., D. González, Y. Lemus, D. García, L. Lodeiro, G. Quintero, C. Delporte, A. J. Núñez-Sellés, and R. Delgado. 2004. *In vivo* and *in vitro* anti-inflammatory activity of *Mangifera indica* L. extract (VIMANG®). Pharmacol. Res. 50:143–149. doi:10.1016/j.phrs.2003.12.003

Hsieh, C. M., J. C. Yang, Y. C. Chuang, E. I. C. Wang, and Y. L. Lee. 2013. Effects of roasting prior to pressing on the Camellia oil quality. J. Taiwan Agric. Res. 62:249–258. doi:10.6156/JTAR/2013.06203.05

Huang, R. C., H. C. Tso, C. Chu, and Y. L. Lee. 2017. Effects of roasting conditions on the functional components of sesame. J. Taiwan Agric. Res. 66:113–125. (in Chinese with English abstract) doi:10.6156/JTAR/2017.06602.04

Kris-Etherton, P. M. 1999. Monounsaturated fatty acids and risk of cardiovascular disease. Circulation 100:1253–1258. doi:10.1161/01.CIR.100.11.1253

Lampert, D. 1999. High-stability oils: What are they? How are they made? Why do we need them? p.238–246. *in*: Physical Properties of Fats, Oils and Emulsifiers. (Widlak, N., ed.) AOCS Press. Champaign, IL. 260 pp.

Lee, W. T., Y. L. Lee, Y. T. Tung, C. C. Wu, and G. C. Yen. 2019. The study of camellia oils from different process conditions for gastric health protection. J. Taiwan Agric. Res. 68:1–15. (in Chinese with English abstract) doi:10.6156/JTAR.201903_68(1).0001

Nawar, W. W. 1996. Lipids. p.225–319. *in*: Food Chemistry (Fennema, O. R., ed.) 3rd ed. Marcel Dekker. New York, NY. 1069 pp.

Oyaizu, M. 1986. Studies on product of browning reaction: Antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. Jpn. J. Nutr. Diet. 44:307–315. (in Japanese) doi:10.5264/eiyogakuzashi.44.307

Sales-Campos, H., P. R. de Souza, B. C. Peghini, J. S. da Silva, and C. R. Cardoso. 2013. An overview of the modulatory effects of oleic acid in health and disease. Mini. Rev. Med. Chem. 13:201–210.

Singleton, V. L. and J. A. Rossi. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. Am. J. Enol. Vitic. 16:144–158.

Singleton, V. L., R. Orthofer, and R. M. Lamuela-Raventós. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. Meth. Enzymol. 299:152–178. doi:10.1016/S0076-6879(99)99017-1

Wang, R.Y, Y. T. Tung, S. Y. Chen, Y. L. Lee, and G. C. Yen. 2019. Protective effects of camellia oil (*Camellia brevistyla*) against indomethacin-induced gastrointestinal mucosal damage *in vitro* and *in vivo*. J. Funct. Foods 62:103539. doi:10.1016/j.jff.2019.103539

Wu, J., X. Fan, X. Huang, G. Li, J. Guan, X. Tang, M. Qiu, S. Yang, and S. Lu. 2021. Effect of different drying treatments on the quality of *Camellia oleifera* seed oil. S. Afr. J. Chem. Eng. 35:8–13. doi:10.1016/j.sajce.2020.10.003

Zhong, H., D. R. Bedgood Jr., A. G. Bishop, P. D. Prenzler, and K. Robards. 2007. Endogenous biophenol, fatty acid and volatile profiles of selected oils. Food Chem. 100:1544–1551. doi:10.1016/j.foodchem.2005.12.039

Influence of Drying Methods of Camellia Seeds on the Quality and Bioactive Ingredients of the Pressed Oils

Ya-Lin Lee[1, *], Wei-Ting Liu[2], Tzu-Huan Hung[2], Su-Yue Lin[3], Yi-Han Ho[3], Ying-Fu Lee[4], Chia-Hua Chang[3], Chiu-Hua Chen[3], and Pei-Jung Chang[3]

Abstract

Lee, Y. L., W. T. Liu, T. H. Hung, S. Y. Lin, Y. H. Ho, Y. F. Lee, C. H. Chang, C. H. Chen, and P. J. Chang. 2023. Influence of drying methods of camellia seeds on the quality and bioactive ingredients of the pressed oils. J. Taiwan Agric. Res. 72(1):39–48.

The seeds of *Camellia brevistyla*, an indigenous Taiwanese camellia tree, were collected for the study of three different drying methods, including sun drying, hot air and air fan indoor to reduce moisture. The resulting seeds were roasted and then screw pressed to produce oils. The oil quality was monitored with acid value and peroxide value analyses, the bioactive ingredients with total phenolics and vitamin E content analyses, and the bioactivity with reducing power evaluation. The oil stability index (OSI) was determined to evaluate the storage and cooking stability. Summarily, the fresh oil made of sun drying seeds possessed the highest quality. However, its storage stability was lower than the hot air dried seeds' oil. The hot air treatment effectively increased the total phenolics and elevated the oil storage stability. Nevertheless, air fan indoor drying method could have higher total phenolics than the sun drying seeds, but its oil quality declined rapidly during the storage period; it was probably related to the low content of vitamin E. This study suggests that the hot air drying method could replace the traditional sun drying method, or the sun drying treatment prior to the hot air drying which could shorten the drying time and provide both good oil quality and better oxidation stability.

Key words: *Camellia brevistyla* seed, Oil seed drying method, Oil quality, Bioactive ingredients, Oil oxidative stability.

Received: September 13, 2022; Accepted: November 16, 2022.
[*] Corresponding author: ylleet@tari.gov.tw
[1] Research Fellow, Biotechnology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung City, Taiwan, ROC.
[2] Assistant Research Fellows, Biotechnology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung City, Taiwan, ROC.
[3] Project Assistants, Biotechnology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung City, Taiwan, ROC.
[4] Technician, Biotechnology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung City, Taiwan, ROC.